

IAP20 Rec'd 15 DEC 2005 15 DEC 2005

## 1

## Beschreibung

Vorrichtung zum zeitlichen Stauchen oder Strecken, Verfahren und Folge von Abtastwerten

- 5 Die Vorrichtung enthält einen Eingangsspeicher, in dem zu bearbeitende Abtastwerte gespeichert werden, und eine Steuer-  
einheit, die abhängig von einem Umsetzfaktor ein zeitliches  
Strecken oder ein zeitliches Stauchen der Folge von Abtast-  
10 werten zyklisch steuert.

Eine solche Vorrichtung ist bspw. aus de DE 100 06 245 A1 be-  
kannt. Neben den dort genannten Umsetzverfahren zur Zeitska-  
lierung sind in den letzten 50 Jahren noch zahlreiche andere  
15 Verfahren vorgeschlagen worden. Hinsichtlich eines Kompromis-  
ses von benötigter Rechenleistung und erreichter Qualität  
sind aber nur die wenigsten dieser Verfahren zufriedenstel-  
lend. Insbesondere sind Verfahren mit Fouriertransformation  
oder mit Berechnung von Kreuzkorrelationen zu rechenintensiv.  
20 Andere Verfahren sind zwar einfach, führen jedoch zu hörbaren  
Artefakten.

Mit Zeitskala-Umsetzeinrichtungen können Audiodaten so umge-  
setzt werden, dass sich die Zeitdauer des durch die Audioda-  
25 ten repräsentierten Audiosignals unter weitgehender Beibehal-  
tung seiner Tonhöhe ändert. Viele Verfahren zur Zeitskala-  
Umsetzung führen zuerst eine Analyse der Audiodaten zur Fest-  
legung von Parametern durch. Erst nach der Analyse beginnt  
30 die Bearbeitung. Die Analyse wird in einem Zeitfenster durch-  
geführt, dessen Breite sich an den Eigenschaften des mensch-  
lichen Hörens und sogar an den Eigenschaften der Sprache ori-  
entiert, d.h. in einem Zeitfenster in der Größenordnung eini-  
ger hundertstel Sekunden, beispielsweise in einem Zeitfenster  
zwischen 20 und 40 ms (Millisekunden), insbesondere von 30  
35 ms. Durch die Analyse wird der umzusetzende Audiostrom zu-  
sätzlich verzögert, so dass die Sprachqualität, insbesondere  
hinsichtlich des Entstehens von hörbaren Echos, vermindert

- wird. Der Nutzen der Zeitskala-Umsetzeinrichtung ist deshalb oft geringer als die mit Ihnen verbundenen Nachteile. Insbesondere gilt diese Aussage für die Synchronisation der Abtastrate mittels Zeitskalen-Umsetzeinrichtungen bei Fehlan-
- 5 passung des Taktes der kommunizierenden Endeinrichtungen in einem Datenübertragungsnetz. Die Fehlanpassungen sind meist geringfügig, in der Regel kleiner als 10 Prozent, die durch die Umsetzung erzeugte Verzögerung ist jedoch für einen Sprecher hörbar.
- 10 Es ist Aufgabe der Erfindung eine einfach aufgebaute Vorrichtung zum Stauchen und/oder Strecken der Zeitskala einer Folge von Abtastwerten anzugeben. Die Vorrichtung soll insbesondere für Streckungen oder Stauchungen um weniger als 10 Prozent geeignet sein. Das Strecken bzw. Stauchen soll außerdem die Qualität von Sprachsignalen oder Musiksignalen nicht mindern. Insbesondere soll die Vorrichtung ohne Analyse der Audiodaten arbeiten, um eine Echtzeitbearbeitung nicht weiter zu verzögern. Weiterhin sollen ein Verfahren zum Stauchen und Stre-
- 15 cken und eine Folge von Abtastwerten angegeben werden.
- 20 Diese Aufgabe wird durch eine Vorrichtung mit den im Patentanspruch 1 angegebenen Merkmalen gelöst. Weiterbildungen sind in den Unteransprüchen angegeben.
- 25 Die erfindungsgemäße Vorrichtung enthält zusätzlich zu den eingangs genannten Einheiten:
- eine Zeitversatzeinheit, die eingangsseitig mit dem Ausgang des Eingangsspeichers verknüpft ist und die bezogen auf den
  - 30 in einem Arbeitsschritt bearbeiteten Abtastwert der Folge einen um eine Versatzanzahl in der Folge nachfolgenden, d.h. verzögerten, oder vorangehenden, Abtastwert ermittelt,
  - eine Zusammenführleinheit, die innerhalb eines Arbeitszyklus einerseits die ursprüngliche Folge von Abtastwerten oder eine
  - 35 aus der ursprünglichen Folge von Abtastwerten mit einer Filtereinheit erzeugte gefilterte Folge von Abtastwerten und andererseits eine mit Hilfe der Versatzeinheit erzeugte ver

setzte Folge von Abtastwerten oder eine aus der versetzten Folge mit Hilfe der Filtereinheit erzeugte gefilterte versetzte Folge zusammenführt.

- 5 Außerdem enthält bei der erfindungsgemäßen Vorrichtung ein Arbeitszyklus eine vorgegebene Anzahl von Arbeitsschritten zur Bearbeitung einer Teilfolge der Folge von Abtastwerten. Damit muss die Länge eines Arbeitszyklus nicht ständig neu festgelegt werden.

10 Die erfindungsgemäße Vorrichtung kommt also ohne Analysefester aus und ist damit für alle Anwendungen von Umsetzeinrichtungen geeignet, insbesondere für Echtzeitanwendungen, wie die Echtzeitkommunikation. Insbesondere ist die Vorrichtung 15 für die Synchronisation der Abtastrate der Audiodaten von paketorientierten Endeinrichtungen geeignet, z.B. von Internet-Endeinrichtungen, die gemäß Internet Protokoll arbeiten.

20 Bei anderen Weiterbildungen enthält die Vorrichtung nur Koeffizientenvorgabeeinheiten, Multipliziereinheiten und Verzögerungseinheiten, d.h. nur wenige verschiedene Einheiten, die sich schaltungstechnisch oder softwaretechnisch auf einfache Art und Weise realisieren lassen.

- 25 Bei weiteren Weiterbildungen der Vorrichtung wird die Sprachqualität weiter erhöht, durch:
- Einbeziehung weiterer Koeffizientenfunktionen, Hilfsfunktionen und zusätzlicher Verzögerungseinheiten, oder durch
  - Einbeziehung eines Allpasses.

30 Bei einer nächsten Weiterbildung ist die Vorrichtung als reine elektronische Schaltung ohne Prozessor aufgebaut. Die Bearbeitungszeiten sind in diesem Fall verglichen mit den Bearbeitungszeiten bei Einbeziehung eines Prozessors sehr kurz. Alternativ wird jedoch ein Prozessor verwendet, um den schaltungstechnischen Aufwand zu verringern.

Die Erfindung betrifft außerdem ein Verfahren zum zeitlichen Stauchen und Strecken, das insbesondere mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung oder einer ihrer Weiterbildungen ausgeführt werden kann. Somit gelten die oben genannten technischen Wirkungen auch für das Verfahren und dessen Weiterbildungen.

Weiterhin betrifft die Erfindung eine Folge von Abtastwerten, die mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung oder dem erfindungsgemäßen Verfahren erzeugt worden sind. Auch für die Folge von Abtastwerten gelten die oben genannten technischen Wirkungen.

Im folgenden werden Ausführungsbeispiele der Erfindung an Hand der beiliegenden Zeichnungen erläutert. Darin zeigen:  
15 Figur 1 eine Blockdarstellung einer Umsetzeinrichtung,  
Figur 2 eine Umsetzeinrichtung mit einer Verzögerungseinheit,  
Figur 3 eine Umsetzeinrichtung mit zwei Verzögerungseinheiten,  
20 Figur 4 eine Umsetzeinrichtung mit einer Verzögerungseinheit und mit einem Allpass, und  
Figur 5 die Übertragungsfunktionen für die Überlapp- und Addierfunktion der verschiedener Umsetzeinheiten.

25 Figur 1 zeigt eine Blockdarstellung einer Umsetzeinrichtung 10, die zum zeitlichen Strecken bzw. zum zeitlichen Stauchen von Sprachsignalen dient. Mit anderen Worten lässt sich mit Hilfe der Umsetzeinrichtung 10 die Abspielgeschwindigkeit von Sprachdaten in Echtzeit variieren, ohne dass sich bspw. die Tonhöhe des Sprachsignals verändert. Auch treten keine hörbaren Artefakte auf.

30 Die Umsetzeinrichtung 10 hat einen Eingang 12 zur Eingabe von Abtastwerten eines Sprachsignals, das bspw. mit einer Frequenz von acht Kilohertz abgetastet worden ist. Bspw. liegen die Abtastwerte im Ganzahlbereich zwischen -32768 und

5

+32767. Der Eingang 12 führt zu einer Filtereinheit 14, die für die Eingangswerte oder für zeitversetzte Eingangswerte Filterfunktionen gemäß vorgegebener Koeffizienten ausführt. Die Koeffizienten ändern sich zeitabhängig, so dass eine

5 zeitvariante Filterung vorliegt.

Der Filtereinheit 14 ist eine Überlapp- und Addiereinheit 16 nachgeschaltet, die zwei von der Filtereinheit 14 ausgegebene Folgen aus Abtastwerten zusammenführt, wie unten noch näher  
10 erläutert wird. Die Überlapp- und Addiereinheit gibt eine Ergebnisfolge an einem Ausgang 18 aus.

Die Umsetzeinrichtung 10 enthält außerdem eine Steuereinheit 20, die abhängig von einem Umsetzfaktor N und einem Auswahl-  
15 signal die Filtereinheit und die Überlapp- und Addiereinheit so ansteuert, dass die Folge von Abtastwerten am Ausgang 18 zeitlich gestreckt oder zeitlich gestaucht im Vergleich zu der Folge am Eingang 12 ist. N ist dabei eine natürliche Zahl.  
20

Bei einem anderen Ausführungsbeispiel ist die Filtereinheit der Überlapp- und Addiereinheit nachgeschaltet, so dass erst eine unverzögerte und eine verzögerte Folge überlappt werden. Erst nach dem Überlappen werden durch das Überlappen erzeugte  
25 Artefakte wieder beseitigt, bspw. mit einer geeigneten Fensterfunktion oder mit einem zeitvarianten Dämpfungsglied.

Figur 2 zeigt eine Umsetzeinrichtung 100, die eine Speicher-  
30 chereinheit 102 enthält, z.B. einen RAM-Speicher (Random Access Memory) oder einen FIFO-Speicher (First In First Out). In der Speichereinheit 102 ist eine Eingangsspeicher 104 enthalten, in dem ankommende Abtastwerte zwischengespeichert werden.

35 Die Umsetzeinrichtung 100 enthält weiterhin eine Verzögerungseinheit 106, die bezogen auf einen in einem Arbeitsschritt s bearbeiteten Abtastwert einen Abtastwert aus der

## 6

- Speichereinheit ermittelt, der zu dem aktuell bearbeiteten Abtastwert um N-Abtastwerte verzögert ist. Die Verzögerung lässt sich durch geeignetes Auslesen aus der Speichereinheit 102 realisieren, z.B. durch einen Adressoffset um N oder ein 5 Vielfaches von N.

- Außerdem enthält die Umsetzeinrichtung 100 eine Multiplizier-  
einheit 108, die mit dem Ausgang des Eingangsspeichers 108  
verknüpft ist. Der andere Eingang der Multipliziereinheit 108  
10 ist mit einer Koeffizientenvorgabeeinheit verknüpft, die Ko-  
effizienten gemäß einer Koeffizientenfunktion C1a vorgibt.  
Die Multipliziereinheit 108 bildet das Produkt ihrer Ein-  
gangswerte in jedem Arbeitsschritt s.
- 15 Eine weitere Multipliziereinheit 110 ist eingsangsseitig mit  
dem Ausgang der Verzögerungseinheit 106 und mit einer Koeffi-  
cientenvorgabeeinheit verknüpft, die Koeffizienten gemäß ei-  
ner Koeffizientenvorgabefunktion C2a vorgibt. Der Verlauf der  
Koeffizientenfunktionen C1a und C2a ist im mittleren Teil der  
20 Figur 2 für das Strecken bzw. im unteren Teil der Figur 2 für  
das Stauchen dargestellt und wird weiter unten näher erläu-  
tert. Die Multipliziereinheit 110 bildet je Arbeitsschritt  
das Produkt ihrer Eingangswerte.
- 25 Eine Addiereinheit 112 ist eingsangsseitig mit den Ausgängen  
der Multipliziereinheiten 108 und 110 verknüpft. Die Addier-  
einheit 112 bildet die Summe ihrer Eingangswerte.
- Der Verlauf der Koeffizientenfunktionen C1a und C2a für das  
30 Strecken ist im mittleren Teil der Figur 2 dargestellt. Die  
Werte der Koeffizientenfunktionen C1a und C2a liegen zwischen  
0 und 1. Zunächst hat der Koeffizient C1a konstant den Wert  
1. Erst im letzten Abschnitt, genauer im letzten Drittel, ei-  
nes Arbeitszyklus M aus bspw. 1600 Arbeitsschritten s fällt  
35 die Koeffizientenfunktion C1a streng monoton, z.B. wie darge-  
stellt gemäß einer Funktion, die der Sigmoidfunktion ähnelt,  
oder auch linear. Dagegen hat der Koeffizient C2a beim Stre-

cken zunächst konstant den Wert 0. Erst im letzten Abschnitt steigt die Koeffizientenfunktion C2a streng monoton, z.B. wie dargestellt gemäß einer Funktion, die einer Sigmoidfunktion ähnelt, oder auch linear.

5

Die bedeutet, dass im ersten Abschnitt eines Arbeitszyklus M beim Strecken die unverzögerte Folge von Abtastwerten ausgeben wird. Im letzten Abschnitt wird dann auf Grund der Koeffizientenverläufe allmählich umgeschaltet auf die verzögerte Folge. Der allmähliche Übergang erstreckt sich über mehrere Arbeitsschritte s, insbesondere über mehr als 100 Arbeitsschritte s und weniger als 800 Arbeitsschritte s. Allgemeiner ausgedrückt, liegt der Übergang in einem Abschnitt, der mehr als fünf Prozent und weniger als fünfzig Prozent der Arbeitsschritte eines Arbeitszyklus enthält. Letztlich wird zum Strecken damit ein "Echo" angefügt, dass jedoch auf Grund des allmählichen Übergangs, auf Grund der kurzen Zeitspanne, die die Abtastwerte eines Arbeitszyklus M enthalten, und auf Grund der moderaten Streckfaktoren nicht bzw. kaum hörbar ist. Im Ausführungsbeispiel umfasst ein Arbeitszyklus bezogen auf die bearbeiteten Werte mehr als 200 ms (Millisekunden) und weniger als 1000 ms. Es wird maximal um 10 Prozent gestreckt. Somit werden mindestens sechs Sprachgrundeinheiten von jeweils etwa 30 ms in einem Arbeitszyklus M bearbeitet.

25

Der Verlauf der Koeffizientenfunktionen C1a und C2a für das Stauchen ist im unteren Teil der Figur 2 dargestellt. Die Werte der Koeffizientenfunktionen C1a und C2a liegen wieder zwischen 0 und 1. Zunächst hat der Koeffizient C2a konstant den Wert 1. Erst im letzten Abschnitt, genauer im letzten Drittel, eines Arbeitszyklus M fällt die Koeffizientenfunktion C2a streng monoton, z.B. wie dargestellt gemäß einer Funktion, die der Sigmoidfunktion ähnelt, oder auch linear. Dagegen hat der Koeffizient C1a beim Stauchen zunächst konstant den Wert 0. Erst im letzten Abschnitt steigt die Koeffizientenfunktion C1a streng monoton, z.B. wie dargestellt gemäß

einer Funktion, die einer Sigmoidfunktion ähnelt, oder auch linear.

Die bedeutet, dass im ersten Abschnitt eines Arbeitszyklus M 5 beim Stauchen die verzögerte Folge von Abtastwerten ausgegeben wird. Im letzten Abschnitt wird dann auf Grund der Koeffizientenverläufe allmählich umgeschaltet auf die unverzögerte Folge. Letztlich wird zum Stauchen eine Teil der Abtastwerte "unterdrückt". Dies ist jedoch auf Grund der oben genannten Gründe kaum hörbar. Durch den allmählichen Übergang 10 haben auch die "unterdrückten" Abtastwerte einen Einfluss auf das erzeugte Ausgangssignal.

Für die Koeffizientenfunktionen C1a und C2a gilt außerdem die 15 Beziehung:  
$$(C1a)^2 + (C2a)^2 = 1,$$
 wodurch die Signalleistung von Sprachsignalen und Musiksignalen im Mittel im wesentlichen unverändert bleibt.

20 Figur 3 zeigt eine Umsetzeinrichtung 200 mit zwei Verzögerungseinheiten 206 und 207. Ein erster Teil der Umsetzeinrichtung 200 stimmt mit der Umsetzeinrichtung 100 strukturell und funktionsmäßig überein. Die Elemente dieses Teils werden deshalb nicht noch einmal erläutert und haben in Figur 3 das 25 gleiche Bezugszeichen wie in Figur 2, jedoch jeweils um den Wert 100 erhöht. An Stelle der Koeffizientenfunktion C1a bzw. C2a werden jedoch Koeffizientenfunktionen C1b und C2b verwendet, deren Verlauf unten noch näher erläutert wird.

30 Im Unterschied zu der Umsetzeinrichtung 100 enthält die Umsetzeinrichtung 200 noch eine weitere Verzögerungseinheit 207, die jedoch um das Doppelte verzögert wie die Verzögerungseinheit 106 bzw. 206, d.h. um  $2 * N$ . Der Eingang der Verzögerungseinheit 207 ist mit dem Ausgang des Eingangsspeisers 35 204 verknüpft. Der Ausgang der Verzögerungseinheit 207 ist mit dem einen Eingang einer Multipliziereinheit 211 verknüpft. Der andere Eingang der Multipliziereinheit 211 ist

9

mit einer Koeffizientenvorgabeeinheit verknüpft, die Koeffizienten gemäß einer Koeffizientenfunktion C3b vorgibt, deren Verlauf unten näher erläutert wird.

- 5 Der Eingang der Addiereinheit 212 ist sowohl mit den Ausgängen der Multipliziereinheiten 208 und 208 als auch mit dem Ausgang der Multipliziereinheit 211 verknüpft. Am Ausgang der Addiereinheit 212 wird die gestreckte oder die gestauchte Folge aus Abtastwerten ausgegeben.

10 Der Verlauf der Koeffizientenfunktion C1b und zweier Hilfsfunktionen C2c und C3c ist im mittleren Teil der Figur 3 für das Strecken und im unteren Teil der Figur 3 für das Stauchen dargestellt. Der Verlauf der Koeffizientenfunktion C1b entspricht dem Verlauf der Koeffizientenfunktion C1a, siehe Erläuterungen zu Figur 2. Der Verlauf der Hilfsfunktion C2c entspricht für das Strecken und für das Stauchen jeweils dem Verlauf der Koeffizientenfunktion C2a für das Strecken und für das Stauchen, siehe Erläuterungen zu Figur 2. Die Hilfsfunktion C3c hat in den ersten zwei Drittel eines Arbeitszyklus M den Wert 0. Im letzten Drittel steigt die Hilfsfunktion C3c streng monoton auf einen Maximalwert von etwa 0,3 an, um dann wieder streng monoton auf den Wert 0 zu fallen. Die Hilfsfunktion C3c hat ihr Maximum in einem Arbeitsschritt s, 25 in welchem die Koeffizientenfunktion C1b den gleichen Wert wie die Hilfsfunktion C2c hat.

Für die Koeffizientenfunktionen C2b und C3b gilt:

$$\begin{aligned} C2b &= C2c - C3c * C1b, \\ 30 \quad C3b &= - C2c * C3c. \end{aligned}$$

Bei einem anderen Ausführungsbeispiel gelten auch die folgenden Beziehungen:  
 $(C1b)^2 + (C2b)^2 = 1$ .  
35  $(C1b) + (C2b) + (C3b) = 1$ ,  
wodurch die Signalleistung von Sprachsignalen und Musiksignalen im Mittel im wesentlichen unverändert bleibt und bestimmt

10

te Töne ebenfalls unverändert bleiben, z.B. Töne mit einer Kreisfrequenz von  $2 \pi k/N$ , wobei  $\pi$  die Zahl  $\pi$  und  $k$  eine natürliche Zahl sind.

5 Die Umsetzeinrichtung 200 lässt sich äquivalent auch mit Hilfe zweier parallel geschalteter Entzerrer gemäß Umsetzeinrichtung 100 darstellen. Der Eingang des einen Entzerrerrzweiges ist mit dem Ausgang des Eingangsspeichers 204 verknüpft. Der Entzerrer wird mit den Koeffizientenfunktionen C1b und  
10 C2c gesteuert. Der Eingang des anderen Entzerrerrzweiges ist ebenfalls mit dem Ausgang des Eingangsspeichers 204 verknüpft. Der zweite Entzerrerrzweig enthält eine Parallelschaltung aus einer weiteren Verzögerungseinheit für eine Verzöge-  
15 rung N und aus einer Entzerrereinheit gemäß Umsetzeinrichtung 100. Der zweite Entzerrer wird ebenfalls mit den Koeffizien-  
tenfunktionen C1b und C2c gesteuert. Außerdem enthält der  
zweite Entzerrerrzweig eine Multipliziereinheit, an deren an-  
anderen eingangs die Koeffizientenfunktion C3c anliegt. Beide  
Entzerrerrzweige werden über eine Differenzbildungsschaltung  
20 verknüpft, wobei das Ergebnis des zweiten Entzerrerrzweiges vom Ergebnis des ersten Entzerrerrzweiges in jedem Arbeits-  
schritt s abgezogen wird.

Durch die in Figur 3 dargestellte Umsetzeinrichtung werden  
25 verbesserte Ergebnisse erreicht, wie unten im Zusammenhang mit der Figur 5 näher erläutert wird. Insbesondere entsteht eine Art Kerbfilter mit kleineren Frequenzlücken im Vergleich zu der Umsetzeinrichtung 100. Diese Ergebnisse lassen sich in ähnlicher Form weiter verbessern, indem man weitere Verzöge-  
30 rungseinheiten und Koeffizienten einführt.

Figur 4 zeigt eine Umsetzeinrichtung 300 mit einer Verzöge-  
rungseinheit 306 und mit einem Allpass 320 erster Ordnung,  
Ein erster Teil der Umsetzeinrichtung 300 ist wie die Umsetz-  
35 einrichtung 100 aufgebaut und funktioniert gleichermaßen. Die Elemente dieses Teils werden deshalb nicht noch einmal erläu-  
tert und haben in Figur 4 ein Bezugszeichen zu dem ausgehend

11

von dem Bezugszeichen in Figur 2 der Wert 200 addiert worden ist. Jedoch werden an Stelle der Koeffizientenfunktionen C1a und C2a Koeffizientenfunktionen C1d und C3d verwendet, deren Verlauf unten näher erläutert wird.

- 5 Im Unterschied zur Umsetzeinrichtung 100 enthält die Umsetzeinrichtung 300 zusätzlich die Allpasseinheit 320. Die Allpasseinheit 320 enthält eine Filtereinheit 322 und eine Verzögerungseinheit 324, die um N-Schritte verzögert. Die Allpasseinheit 320 hat die folgende Übertragungsfunktion:  
10  $H = (z^{-N} + \gamma) / (1 + \gamma * z^{-N})$ ,  
wobei H die Übertragungsfunktion ist und  $\gamma$  eine Verzögerung bestimmt, und  $\gamma$  insbesondere den Wert 0,5 oder einen Wert größer als 0,5 hat.
- 15 Der Eingang der Allpasseinheit 320 ist mit dem Ausgang des Eingangsspeichers 304 verknüpft. Der Ausgang der Allpasseinheit 320 führt zu dem einen Eingang einer Multipliziereinheit 311. Der andere Eingang der Multipliziereinheit 311 ist mit dem Ausgang einer Koeffizientenvorgabeeinheit verknüpft, die  
20 je Arbeitsschritt s Koeffizienten gemäß einer Koeffizientenvorgabefunktion C2d vorgibt, deren Verlauf unten für die beiden Betriebsarten "Strecken" und "Stauchen" noch näher erläutert wird.
- 25 Der Ausgang der Multipliziereinheit 311 führt zu einem Eingang der Addiereinheit 312.. Die anderen Eingänge der Addiereinheit 312 sind mit dem Ausgängen der Multipliereinheiten 308 und 310 verknüpft.
- 30 Die Werte der Koeffizientenfunktionen C1d, C2d und C3d liegen zwischen 0 und 1. Für die Koeffizientenfunktionen C1d bis C3d gilt:  
 $C1d + C2d + C3d = 1$ .  
wodurch bestimmte Töne ebenfalls unverändert bleiben, z.B.
- 35 Töne mit einer Kreisfrequenz von  $2 \pi k/N$ , wobei  $\pi$  die Zahl  $\pi$  und  $k$  eine natürliche Zahl sind.

12

In der Betriebsart "Strecken" fällt die Koeffizientenfunktion C1d im ersten Drittel eines Arbeitszyklus streng monoton vom Wert 1 auf den Wert 0, bspw. gemäß einer Funktion, die einer Sigmoidfunktion ähnelt oder gleicht. Für die folgenden Arbeitsschritte s des Arbeitszyklus M bleibt die Koeffizientenfunktion C1d auf dem Wert 0. In der Betriebsart "Strecken" steigt die Koeffizientenfunktion C2d im ersten Drittel eines Arbeitszyklus M vom Wert 0 auf den Wert 1 an. Im zweiten Drittel bleibt die Koeffizientenfunktion C2d konstant auf dem Wert 1. Im letzten Drittel fällt die Koeffizientenfunktion streng monoton vom Wert 1 auf den Wert 0. In der Betriebsart "Strecken" bleibt die Koeffizientenfunktion C3d in den ersten zwei Dritteln eines Arbeitszyklus M konstant auf dem Wert 0. Im letzten Drittel eines Arbeitszyklus M steigt die Koeffizientenfunktion C3d streng monoton vom Wert 0 auf den Wert 1.

Für die Betriebsart "Stauchen" hat die Koeffizientenfunktion C1d den Verlauf der Koeffizientenfunktion C3d in der Betriebsart "Strecken". Die Koeffizientenfunktion C2d hat in der Betriebsart "Stauchen" den gleichen Verlauf wie in der Betriebsart "Strecken". Die Koeffizientenfunktion C3d hat in der Betriebsart "Stauchen" den gleichen Verlauf wie die Koeffizientenfunktion C1d in der Betriebsart "Strecken".

Figur 5 zeigt die Übertragungsfunktionen für die Überlapp- und Addierfunktion verschiedener Umsetzeinheiten an Stellen, an denen Frequenzlücken entstehen. Eine horizontale x-Achse 400 zeigt die normalisierte Frequenz im Bereich zwischen 0 und 0,5. Der in Figur 5 gezeigte Verlauf wiederholt sich für größere Frequenzen. Eine vertikale y-Achse 402 zeigt die normalisierte Dämpfung in dB im Bereich von -5 dB bis 20 dB. Eine Kurve K1 gilt für die Umsetzeinrichtung 100, die auch als Entzerrer nüller Ordnung betrachtet werden kann. Die Umsetzeinrichtung 200 kann als Entzerrereinheit erster Ordnung betrachtet werden. Eine Kurve K2 gilt für die Umsetzeinrichtung 200. Mit zunehmender Ordnung des Entzerrers verringert sich

13

die Dämpfung. Außerdem wird eine Frequenzlücke L1 bzw. L2 kleiner, die für die Kurve K1 bzw. K2 gilt.

Kurven K3 und K4 gelten für die Umsetzeinrichtung 300 mit einem  $\gamma$ -Wert von 0,5 bzw. 0,75. Mit zunehmendem  $\gamma$ -Wert verringert sich die Frequenzlücke weiter.

Der Umsetzfaktor N, der die Anzahl von Verzögerungen vorgibt, wird beispielsweise abhängig vom Füllstand des Eingangsspeichers 104, 204 oder 304 vorgegeben. Gleiches gilt für die Entscheidung, ob gestreckt oder gestaucht werden soll. Leert sich bspw. der Eingangsspeicher zu schnell muss gestreckt werden. Desto schneller sich der Eingangsspeicher leert, desto schneller muss gestreckt werden, d.h. N wird vergrößert.

Für alle erläuterten Ausführungsbeispiele gilt, dass die Erfindung Eigenschaften des menschlichen Hörens nutzt, wonach spezielle Arten von Artefakten nicht oder nur geringfügig wahrgenommen werden können, insbesondere Artefakte die durch die oben erläuterten Überlappungsverfahren entstehen. Das Verfahren arbeitet im Zeitbereich an Hand eines festen Zeitrasters, welches die Audiodaten in Zeitsegmente aufteilt, bspw. in Zeitsegmente von 200 ms. Zur Umsetzung der Zeitskala wird innerhalb des Zeitsegments in einem Abschnitt mit definierter Länge, bspw. von 30 ms, der ursprüngliche Audiostrom mit einer verzögerten Version seiner selbst überlappt und addiert. Dies erfolgt auf Grund der gewählten Koeffizienten so, dass keine Unstetigkeiten entstehen. Die Verzögerung ist proportional dem Umsetzfaktor und entspricht der Verzögerung zwischen dem Audiostrom am Eingang und am Ausgang der Zeitskala Umsetzeinrichtung. Die Verzögerung liegt bspw. zwischen 0 ms und 20 ms bei einem Umsetzfaktor von 0 Prozent bis 10 Prozent im Sinne von Zeitkompression bzw. Zeitexpansion. Die Wahl des genannten Zeitrasters bzw. Zeitsegmentabschnitts trägt ebenfalls zur Verringerung der Wahrnehmbarkeit der entstehenden Artefakte bei.

14

Bei den erläuterten Verfahren wird dem Entstehen von Artefakten bzw. hörbaren Störungen bereits vor dem Zusammenführen entgegengewirkt und/oder beim Zusammenführen entstehende Artefakte werden nach dem Zusammenführen beseitigt, bspw. mit einem zeitvariantem Dämpfungsglied, dass die Gesamtverzögerung der Umsetzeinrichtung nicht weiter erhöht. Ein aufwändigeres digitales Filter führt zu einer besseren Qualität, erhöht jedoch in der Regel die Gesamtverzögerung etwas.

10 Die erläuterten Verfahren:

- sind an den Eigenschaften menschlichen Hörens orientiert und kommen ohne Analysefenster aus,
- sind mit kleinen algorithmischen Verzögerungszeiten in den Audiopfad einführbar,
- können mit einem kleinen Aufwand implementiert werden,
- durch die geringen Verzögerungen in Echtzeitanwendungen einsetzbar,
- ermöglichen eine qualitativ hochwertige Umsetzung sowohl von Sprache als auch von Musik,
- sind für eine Vielzahl von Anwendungen einsetzbar, z.B. für die Synchronisation der Abtastrate oder für einen dynamischen Jitterbufferabgleich,
- sind mit anderen zeitbasierten Verfahren kombinierbar, z.B. mit dem Verfahren gemäß "MPEG-4 Audio, ISO/IEC FCD 14496-3, Subpart 1: Abschnitt 4.1.3" vom 15.05.1998, siehe z.B. <ftp://ftp.tnt.uni-hannover.de/pub/MPEG/audio/mpeg4/documents/w2203/w2203.pdf>.

Bei alternativen Ausführungsbeispielen gemäß Figuren 2 und 3 liegen die Überlapp- und Addierbereiche nicht am Ende sondern am Anfang eines Arbeitszyklus M, so dass dann am Ende eines Arbeitszyklus M Abschnitte mit konstanten Koeffizientenfunktionen und mit konstanten Hilfsfunktionen liegen. Bei anderen alternativen Ausführungsbeispielen gemäß Figuren 2 und 3 liegen die Überlapp- und Addierbereiche in der Mitte eines Arbeitszyklus M, so dass dann am Ende eines Arbeitszyklus M und am Anfang eines Arbeitszyk-

15

lus M Abschnitte mit konstanten Koeffizientenfunktionen und konstanten Hilfsfunktionen liegen.

- Bei alternativen Ausführungsbeispielen gemäß Figur 4 gibt  
5 es neben den zwei Überlapp- und Addierabschnitten mit sich  
ändernden Koeffizientenfunktionen und Hilfsfunktionen zwei  
konstante Abschnitte. Jeder Abschnitt ist bspw. ein Vier-  
tel eines Arbeitszyklus M lang. Alternativ lassen sich  
auch Abschnitte mit untereinander verschiedenen Längen  
10 einsetzen. Werden die Überlapp- und Addierabschnitten mit  
Ü und die konstanten Abschnitte mit K abgekürzt, so gibt  
es bspw. die folgenden Abschnittsfolgen je Arbeitszyklus  
M:  
15 Ü - K - Ü - K, oder  
K - Ü - K - Ü,  
wobei die zeitliche Reihenfolge der in Figur 4 dargestell-  
ten Abschnitte beim Stauchen bzw. Strecken erhalten  
bleibt.

## Patentansprüche

1. Vorrichtung (100) zum zeitlichen Stauchen oder Strecken einer Folge von Abtastwerten,  
5 mit einem Eingangsspeicher (104), in dem zu bearbeitende Abtastwerte gespeichert werden,  
mit einer Steuereinheit (20), die abhängig von einem Umsetz-  
faktor (N) ein zeitliches Strecken oder ein zeitliches Stau-  
chen der Folge von Abtastwerten zyklisch steuert,  
10 wobei ein Arbeitszyklus (M) eine vorgegebene Anzahl von Ar-  
beitsschritten (s) zur Bearbeitung einer Teilfolge der Folge  
von Abtastwerten enthält,  
mit einer Zeitversatzeinheit (106), die eingangsseitig mit  
dem Ausgang des Eingangsspeichers verknüpft ist und die bezo-  
15 gen auf den in einem Arbeitsschritt (s) bearbeiteten Abtast-  
wert der Folge einen um eine Versatzanzahl (N) in der Folge  
nachfolgenden oder vorangehenden Abtastwert ermittelt,  
und mit einer Zusammenführseinheit (16, 112), die innerhalb  
eines Arbeitszyklus (M) einerseits die ursprüngliche Folge  
20 von Abtastwerten oder eine aus der ursprünglichen Folge von  
Abtastwerten mit einer Filtereinheit (14) erzeugte gefilterte  
Folge von Abtastwerten und andererseits eine mit Hilfe der  
Versatzeinheit (106) erzeugte versetzte Folge von Abtastwer-  
ten oder eine aus der versetzten Folge mit Hilfe der Filter-  
25 einheit (14) erzeugte gefilterte versetzte Folge zusammen-  
führt.
2. Vorrichtung (100) nach Anspruch 1, gekennzeich-  
net durch eine der Zusammenführseinheit (16, 112) nach-  
30 geschaltete Filtereinheit,  
wobei insbesondere an der Zusammenführseinheit zwei ungefil-  
terte Folgen zusammengeführt werden,  
und wobei insbesondere die nachgeschaltete Filtereinheit ein  
zeitvariantes Dämpfungsglied ist.
- 35 3. Vorrichtung (100) nach Anspruch 1 oder 2, gekenn-  
zeichnet durch eine Grundvorgabeeinheit, die je Ar

17

- beitsschritt (s) einen Grundwert gemäß einer Grundfunktion (C1a) vorgibt,  
eine Zusatzvorgabeeinheit, die je Arbeitsschritt (s) einen  
Zusatzwert gemäß einer Zusatzfunktion (C2a) vorgibt,  
5 eine in der Filtereinheit (14) enthaltene Grund-Multizierein-  
heit (108), die eingangsseitig mit dem Ausgang der Grundvor-  
gabeeinheit und dem Ausgang des Eingangsspeichers (104) ver-  
knüpft ist und die je Arbeitsschritt (s) ein Produkt aus den  
eingangsseitig anliegenden Werten bildet,  
10 eine in der Filtereinheit (14) enthaltene Zusatz-  
Multipliziereinheit (110), die eingangsseitig mit dem Ausgang  
der Zusatzvorgabeeinheit und dem Ausgang der Versatzeinheit  
(106) verknüpft ist und die je Arbeitsschritt (s) ein Produkt  
aus den eingangsseitig anliegenden Werten bildet,  
15 und durch eine in der Zusammenführeinheit (16) enthaltene Ad-  
diereinheit (112), die eingangsseitig mit den Ausgängen der  
Multipliziereinheiten (108, 110) verknüpft ist und die je Ar-  
beitsschritt (s) die Summe der eingangsseitig anliegenden Pro-  
dukte bildet.  
20 4. Vorrichtung (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche  
3, da durch gekennzeichnet, dass die bearbei-  
teten Teilfolgen alle Abtastwerte der Abtastfolge enthalten  
oder mehr als fünfundachtzig Prozent aller Abtastwerte,  
25 wobei vorzugsweise eine Teilfolge ein Signal enthält, das  
länger als 150 Millisekunden oder länger als 200 Millisekun-  
den ist.  
5. Vorrichtung (100) nach Anspruch 4, da durch ge-  
30 kennzeichnet, dass die Grundfunktion (C1a) und die  
Zusatzfunktion (C2a) in der Mitte eines Arbeitszyklus (M)  
konstant sind,  
und/oder dass vorzugsweise die Grundfunktion (C1a) und die  
Zusatzfunktion (C2a) am Anfang oder am Ende eines Arbeitszyk-  
35 lus (M) konstant sind,  
und/oder dass vorzugsweise bei Arbeitsschritten (s) mit un-  
veränderter Grundfunktion (C1a) und mit unveränderter Zusatz

funktion (C2a) nicht benötigte Einheiten der Vorrichtung nicht betrieben werden.

6. Vorrichtung (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, da -  
5 durch gekennzeichnet, dass die bearbeiteten  
Teilstufen weniger als die Hälfte aller Abtastwerte der Ab-  
tastfolge enthalten,  
und dass die anderen Abtastwerte auf andere Art bearbeitet  
werden, vorzugsweise auf weniger aufwändige Art, insbesondere  
10 durch einfache Übernahme aus der Folge von Abtastwerten.

7. Vorrichtung (100) nach einem der Ansprüche 3 bis 6, ge -  
kennzeichnet durch eine weitere Zusatzvorgabe-  
einheit, die je Arbeitsschritt (s) einen weiteren Zusatzwert  
15 gemäß einer weiteren Zusatzfunktion (C3b, C2d) vorgibt,  
eine Zusatz-Bearbeitungseinheit (207, 320), die eine vorgege-  
bene Bearbeitungsoperation ausführt,  
eine weitere Zusatz-Multipliziereinheit (211, 311), die ein-  
gangsseitig mit dem Ausgang der weiteren Zusatzvorgabeeinheit  
20 und dem Ausgang der Zusatz-Bearbeitungseinheit (207, 320)  
verknüpft ist und die je Arbeitsschritt (s) ein Produkt aus  
den eingangsseitig anliegenden Werten bildet,  
wobei die Addiereinheit (312) eingangsseitig auch mit dem  
Ausgang der weiteren Zusatz-Multipliziereinheit (211, 311)  
25 verknüpft ist und je Arbeitsschritt (s) die Summe der ein-  
gangsseitig anliegenden Produkte bildet.

8. Vorrichtung (100) nach Anspruch 7, dadurch ge -  
kennzeichnet, dass die Zusatz-Bearbeitungseinheit  
30 (207) eingangsseitig mit dem Ausgang des Eingangsspeichers  
verknüpft ist und bezogen auf einen in einem Arbeitsschritt  
(s) bearbeiteten Abtastwert einen um die doppelte Versatzan-  
zahl (2N) in der Folge der Abtastwerte nachfolgenden oder vo-  
rausgehenden Abtastwert ermittelt,  
35 und dass vorzugsweise für die Grundfunktion (C1b) und eine  
Hilfsfunktion (C2c) gilt:

19

Grundfunktion (C1b) \* Grundfunktion (C1b) + Hilfsfunktion (C2c) \* Hilfsfunktion (C2c) = 1,  
wobei vorzugsweise bezüglich einer weiteren Hilfsfunktion (C3c) gilt:

- 5    Zusatzfunktion (C2b) = Hilfsfunktion (C2b) - weitere Hilfsfunktion (C3c) \* Grundfunktion (C1b), und  
weitere Zusatzfunktion (C3b) = - Hilfsfunktion (C2c) \* weitere Hilfsfunktion (C3c),  
und wobei vorzugsweise die weitere Hilfsfunktion (C3c) ein  
10 Maximum am Schnittpunkt der Grundfunktion (C1b) und der  
Hilfsfunktion (C2c) hat.

9. Vorrichtung (100) nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Zusatz-Bearbeitungseinheit  
15 (32) einen Allpass enthält, vorzugsweise einen Allpass mit der folgenden Übertragungsfunktion:

$H = (z^{-N} + \gamma) / (1 + \gamma * z^{-N})$ ,  
wobei H die Übertragungsfunktion ist und  $\gamma$  eine Verzögerung bestimmt, und  $\gamma$  insbesondere den Wert 0,5 oder einen Wert  
20 größer als 0,5 hat,  
und wobei vorzugsweise gilt:  
Grundfunktion (C1d) + Zusatzfunktion (C2d) + weitere Zusatzfunktion (C3d) = 1.

25 10. Vorrichtung (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Einheiten (106 bis 112) elektronische Schaltungen ohne Prozessor enthalten,  
oder dass die Vorrichtung (100) mindestens einen Prozessor  
30 enthält, der bei der Abarbeitung der Befehle eines Programms die Funktionen mindestens einer Einheit (106 bis 112) erbringt,  
und/oder dass die Folge von Abtastwerten ein Audiosignal enthält, insbesondere ein Sprachsignal und/oder ein Musiksignal  
35 und/oder eine Mehrfrequenztonwählsignal,

20

und/oder dass die Vorrichtung (100) in einer Empfangseinheit oder in einer Sendeeinheit eines Datenübertragungsnetzes enthalten ist,  
und/oder dass die Vorrichtung (100) in einem Wiedergabegerät  
5 enthalten ist, insbesondere in einem Musikwiedergabegerät, einem Diktiergerät oder einem Sprachausgabegerät,  
und/oder dass die Streckung oder die Stauchung kleiner als 20 Prozent oder kleiner als 10 Prozent beträgt.

- 10 11. Verfahren zum zeitlichen Stauchen oder Strecken einer Folge von Abtastwerten, insbesondere in einer Vorrichtung (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, mit den ohne Beschränkung durch die angegebene Reihenfolge ausgeführten Verfahrensschritten:  
15 Festlegen eines Arbeitszyklus (M), der eine vorgegebene Anzahl von Arbeitsschritten (s) enthält,  
Festlegen einer Teilfolge der Folge von Abtastwerten für einen Arbeitszyklus (M), innerhalb eines Arbeitszyklus (M) Erzeugen einer zu der Teil-  
20 folge von Abtastwerten zeitlich versetzten gefilterten oder ungefilterten Teilfolge innerhalb eines Arbeitszyklus (M) Zusammenführen (16, 112) einerseits der Teilfolge von Abtastwerten oder einer daraus erzeugten gefilterten Teilfolge und andererseits der zeitlich  
25 versetzten gefilterten oder ungefilterten Teilfolge mit einem allmählichen Übergang von den Abtastwerten der einen Folge zu den Abtastwerten der anderen Folge.  
  
12. Verfahren nach Anspruch 11, gekennzeichnet  
30 durch den Schritt:  
Zusammenführen (16, 112) innerhalb mindestens eines Abschnitts des Arbeitszyklus (M), wobei der Abschnitt oder die Abschnitte insgesamt weniger als ein Drittel der Arbeitsschritte (s) oder weniger als ein  
35 Siebtel der Arbeitsschritte (s) eines Arbeitszyklus enthält.

21

13. Verfahren nach Anspruch 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, dass das Zusammenführen (16, 112) ohne vorhergehende Analyse der Folge von Abtastwerten ausgeführt wird, insbesondere ohne Berechnung einer Kreuzkorrelationsfunktion.
14. Folge von Abtastwerten, dadurch gekennzeichnet, dass die Folge mit einer Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 10 oder mit einem Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 13 erzeugt worden ist.

FIG 1

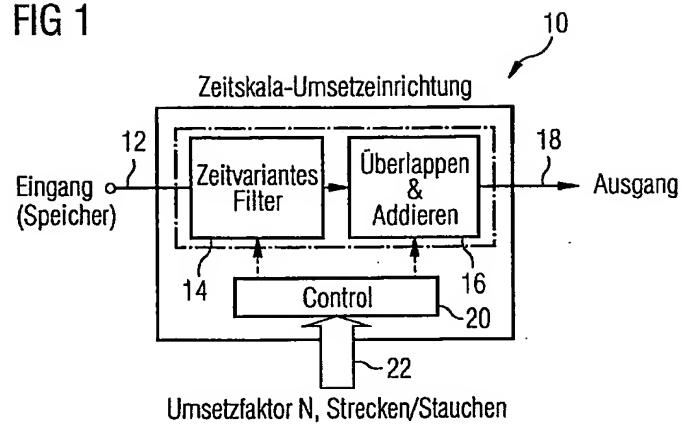


FIG 2

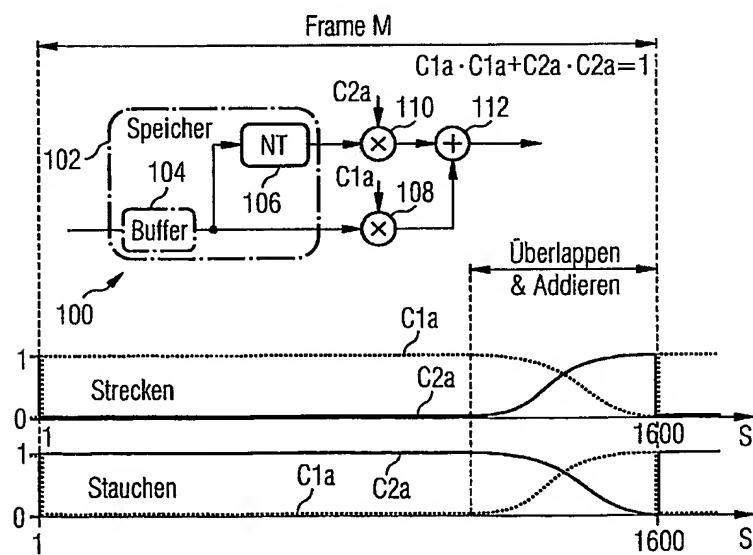


FIG 3

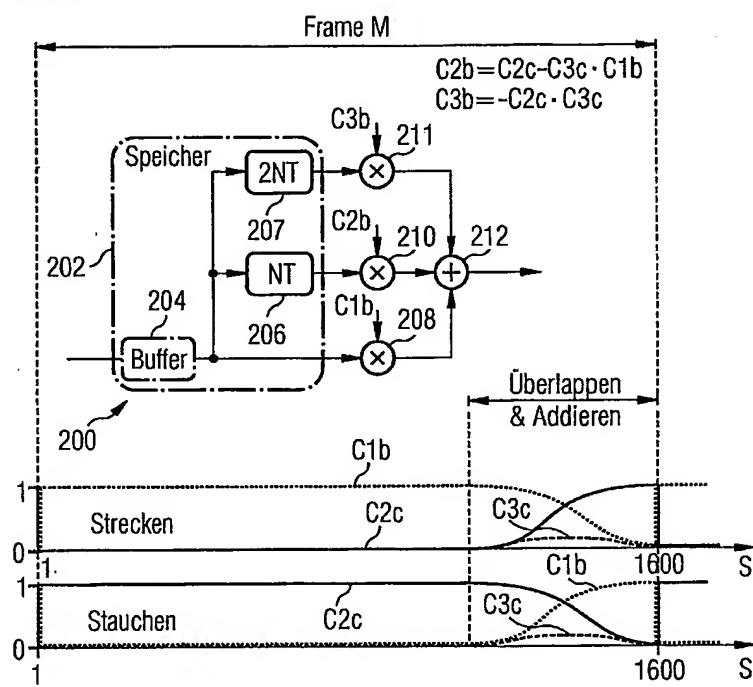


FIG 4

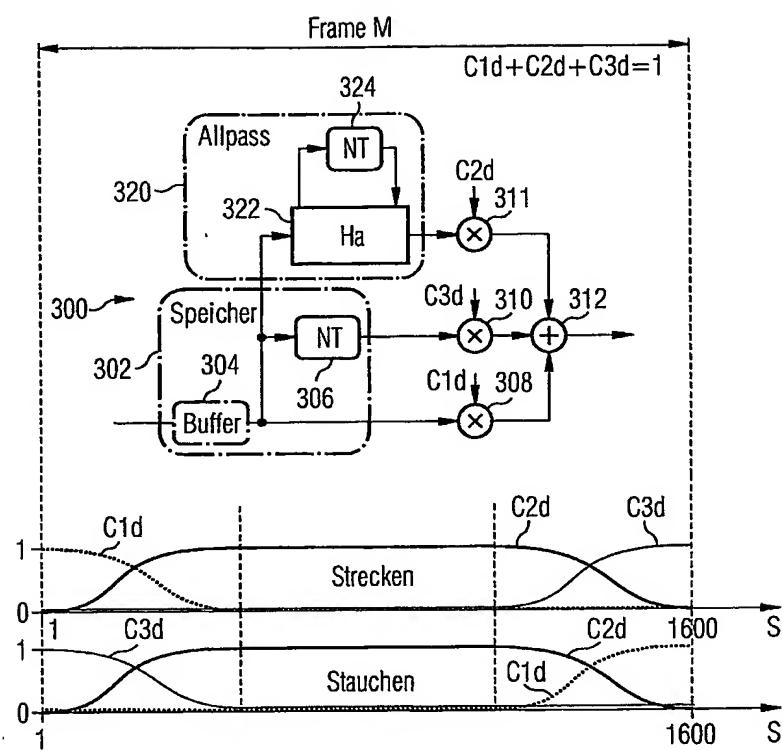


FIG 5

